

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-185383

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

G10K 15/00
G10K 15/12
H03H 17/04
H03H 21/00
H04R 3/00
H04R 5/033
H04S 1/00

(21)Application number : 07-354500

(71)Applicant : KENWOOD CORP

(22)Date of filing : 31.12.1995

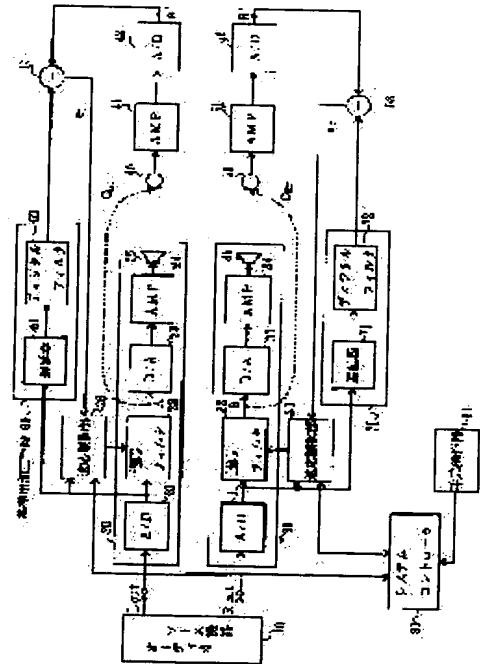
(72)Inventor : HAYAKAWA JUNICHI

(54) ADAPTIVE SOUND FIELD CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the sound field controller which can accurately actualize desired sound field characteristics.

SOLUTION: As for audio outputted by sound reproducing means 20 and 30 according to an L and an R audio signal, microphones 40 and 50 are installed nearby the left and right ears of a listener and desired sound field characteristics when sounds of L and R are listened to with the left ear and right ear are set in reference processing means 60 and 70. When sound field correction is indicated, a system controller 80 identifies and sets transfer functions CL1 and CR1 in adaptive control parts 26 and 36, and start adaptive control in order. The adaptive controller 26 performs adaptive control over an adaptive filter 22 provided to the sound reproducing means 20 so that the deviation between the output of the microphone 40 and the reference signal generated by passing the audio signal of Lch through the reference processing means 60 becomes zero. Then the adaptive control part 36 performs adaptive control over an adaptive filter 32 provided in the sound reproducing means 30 so that the deviation between the output of the microphone 50 and the reference signal obtained by passing the audio signal of Rch through the reference processing means 70 becomes zero.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-185383

(43) 公開日 平成9年(1997) 7月15日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 K 15/00			G 1 0 K 15/00	L
15/12		9274-5 J	H 0 3 H 17/04	6 3 1
H 0 3 H 17/04	6 3 1	9274-5 J	21/00	
21/00			H 0 4 R 3/00	3 1 0
H 0 4 R 3/00	3 1 0		5/033	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-354500

(22) 出願日 平成7年(1995)12月31日

(71) 出願人 000003595

株式会社ケンウッド

東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号

(72) 発明者 早川 純一

東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号 株式会社ケンウッド内

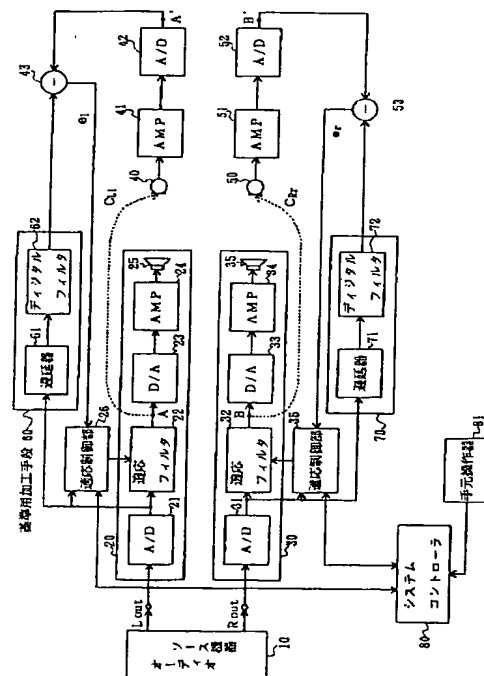
(74) 代理人 弁理士 坪内 康治

(54) 【発明の名称】 適応音場制御装置

(57) 【要約】

【課題】 所望の音場特性を正確に実現できる適応音場制御装置を提供する。

【解決手段】 L、Rのオーディオ信号に基づき音響再生手段20と30が音響出力するオーディオにおいて、聴取者の左右の耳近くにマイク40と50を設置し、L、Rの音響を各々、左耳と右耳で聴取するときの所望の音場特性を基準用加工手段60と70に設定しておく。音場補正が指示されると、システムコントローラ80は伝達関数C_LとC_Rを同定し、適応制御部26と36にセットし、順に適応制御を開始させる。適応制御部26はマイク40の出力と、Lchのオーディオ信号を基準用加工手段60に通した基準用信号との偏差が零となるように音響再生手段20に設けられた適応フィルタ22を適応制御する。次に、適応制御部36がマイク50の出力と、Rchのオーディオ信号を基準用加工手段70に通した基準用信号との偏差が零となるように音響再生手段30に設けられた適応フィルタ32を適応制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 各々、入力信号を可変の伝達関数で加工する加工手段、該加工手段の出力を電力増幅する増幅手段、該増幅手段の出力を音響変換する電気-音響変換手段、を含む1または複数の音響再生手段と、聴取者の耳近くに置かれた少なくとも1つのマイクと、各マイク毎に設けられて、入力信号を所望の伝達関数で加工し、基準信号を得る基準用加工手段と、各音響再生手段毎に設けられて、少なくとも1つのマイクにつき、マイク出力と対応する基準信号との差が小さくなるように加工手段の伝達関数を適応的に制御する制御手段と、

を備えたことを特徴とする適応音場制御装置。

【請求項2】 前記制御手段は加工手段の伝達関数の適応制御を任意の所定時に一時的に行い、適応制御完了後、加工手段の伝達関数を固定するようにし、制御手段が適応制御を行う時のみ、各マイクを聴取者の耳近くに位置させ、他の時間は聴取者の耳近くから離れた位置に退避させる可動支持手段を備えたこと、を特徴とする請求項1記載の適応音場制御装置。

【請求項3】 前記電気-音響変換手段はヘッドホンに設けたヘッドホンスピーカとし、前記マイクはヘッドホンに固定されて外耳道の入口近くに位置するようにしたこと、を特徴とする請求項1記載の適応音場制御装置。

【請求項4】 入力信号が複数チャンネル存在する場合、前記1または複数の音響再生手段は、入力信号のチャンネル毎に設け、前記基準用加工手段は、各チャンネルの入力信号を個別に所望の伝達関数で加工したのち加算して基準信号を得るようにしたこと、を特徴とする請求項1または2または3記載の適応音場制御装置。

【請求項5】 前記基準用加工手段は、予め用意された複数種の所定の伝達関数の中から、聴取者が1つを所望の伝達関数として選択可能とされていること、を特徴とする請求項1または2または3または4記載の適応音場制御装置。

【請求項6】 前記電気-音響変換手段は、聴取者の耳の後方に、下向き又は上向きに設置したこと、を特徴とする請求項1または2または4または5記載の適応音場制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は音場を能動的に制御する適応音場制御装置に係り、とくにフラット、ローブースト、ボーカル帯域の強調、ステレオ音像の補正など、所望の音場特性を正確に実現できる適応音場制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CDプレーヤ等の再生装置にて再生した音楽信号でスピーカを駆動した場合、スピーカの口径が十分に大きくないと低域のレスポンスが不足し、迫力の有る低音を聞くことができないことが有る。また、音響再生空間が車室内の如く狭い場合、500Hz～1kHzのレスポンスが落ち、ボーカル音が不明瞭となる場合がある。このため、従来は、CDプレーヤとパワーアンプの間にグラフィックイコライザを装備し、ユーザが低域と500Hz～1kHzのボーカル帯域のゲインを持ち上げて、聴取位置での周波数-ゲイン特性がフラットな特性に近づくようにしていた。また、CDプレーヤとパワーアンプの間に伝達特性（伝達関数）が固定の補正用フィルタを設け、ユーザがマニュアルで調整をしなくても聴取位置での周波数特性がフラットな特性となるように補正していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ユーザがグラフィックイコライザを用いて、マニュアル操作で聴取位置での周波数特性をフラットに調整するのは非常に困難である。また、伝達特性（伝達関数）が固定の補正用フィルタでは実現される周波数特性が固定しているため、個々のユーザの頭の形や耳介の形の違い（頭部伝達関数の違い）に対応できず、フラットな周波数特性を正確に実現することができないという問題があった。一方、スピーカをヘッドホンに置き換えた場合、車室内等の空間の影響は受けなくなるが、ヘッドホンスピーカの周波数特性のうねり、耳介の伝達周波数特性のうねりを補正して総合周波数特性をフラットにするためにはグラフィックイコライザや伝達特性（伝達関数）の固定した補正フィルタを用いる必要が有る。けれども、前述した如く、ユーザがグラフィックイコライザを用いて、マニュアル操作で聴取位置での周波数特性をフラットに調整するのは非常に困難であり、また、伝達特性が固定の補正用フィルタでは実現される周波数特性が固定しているため、個々のユーザの耳介の形の違いに対応できず、フラットな周波数特性を正確に実現することができない。本発明は上記した従来技術の問題に鑑み、所望の音場特性を正確に実現できる適応音場制御装置を提供することを、その目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の適応音場制御装置では、各々、入力信号を可変の伝達関数で加工する加工手段、該加工手段の出力を電力増幅する増幅手段、該増幅手段の出力を音響変換する電気-音響変換手段、を含む1または複数の音響再生手段と、聴取者の片方の耳近くに置かれた少なくとも1つのマイクと、各マイク毎に設けられて、入力信号を所望の伝達関数で加工し、基準信号を得る基準用加工手段と、各音響再生手段毎に設けられて、少なくとも1つのマイクにつき、マイク出力と対応する基準信号との差が小さくなるように加工手段

の伝達関数を適応的に制御する制御手段と、を備えたことを特徴としている。

【0005】また、前記制御手段は加工手段の伝達関数の適応制御を任意の所定時に一時的に行い、適応制御完了後、加工手段の伝達関数を固定するようにし、制御手段が適応制御を行う時のみ、各マイクを聴取者の耳近くに位置させ、他の時間は聴取者の耳近くから離れた位置に退避させる可動支持手段を備えたこと、を特徴としている。

【0006】また、前記電気-音響変換手段はヘッドホンに設けたヘッドホンスピーカとし、前記マイクはヘッドホンに固定されて外耳道の入口近くに位置するようにしたこと、を特徴としている。

【0007】また、入力信号が複数チャンネル存在する場合、前記1または複数の音響再生手段は、入力信号のチャンネル毎に設け、前記基準用加工手段は、各チャンネルの入力信号を個別に所望の伝達関数で加工したのち加算して基準信号を得るようにしたこと、を特徴としている。

【0008】また、前記基準用加工手段は、予め用意された複数種の所定の伝達関数の中から、聴取者が1つを所望の伝達関数として選択可能とされていること、を特徴としている。

【0009】また、前記電気-音響変換手段は、聴取者の耳の後方で耳の高さより下に、下向き又は上向きに設置したこと、を特徴としている。

【0010】

【作用】本発明の適応音場制御装置によれば、1または複数の音響再生手段で再生された音響を、聴取者の片方の耳近くに置かれた少なくとも1つのマイクまたは両方の耳の各々の近くに置かれた少なくとも2つのマイクで拾う。そして、各マイク毎に設けた基準用加工手段により入力信号を所望の伝達関数で加工した基準信号と、対応するマイク出力との差が小さくなるように、制御手段にて各音響再生手段に設けられた加工手段の伝達関数を適応的に制御する。これにより、音響再生手段の電気-音響変換手段または音響再生空間が如何なる周波数-レスポンス特性を持つか、または聴取者が如何なる頭部伝達特性を持つかによらず、聴取者所望の音場を正確に実現することができる。

【0011】また、前記制御手段は加工手段の伝達関数の適応制御を任意の所定時に一時的に行い、適応制御完了後、加工手段の伝達関数を固定する。そして、制御手段が適応制御を行う時のみ、可動支持手段が各マイクを聴取者の耳近くに位置させ、他の時間は聴取者の耳近くから離れた位置に退避させる。これにより、例えば車室内の如く聴取者の耳の位置が殆ど動かないような場合、音楽聴取開始前や音楽聴取途中の任意の所定時に、所望の音場特性を実現させるために適応制御する間以外は、マイクを聴取者の頭から離し障害物として邪魔にならな

いようにできる。

【0012】また、ヘッドホンに設けたヘッドホンスピーカにより電気-音響変換を行い、マイクはヘッドホンに固定されて外耳道の入口近くで音を拾う。これにより、ヘッドホン再生時でも、聴取者の耳介の伝達関数の個人差に関わらず、聴取者所望の音場を正確に実現することができる。

【0013】また、入力信号が複数チャンネル存在する場合、前記1または複数の音響再生手段は、入力信号のチャンネル毎に設け、前記基準用加工手段は、各チャンネルの入力信号を個別に所望の伝達関数で加工したのち加算して基準信号を得る。これにより、例えばステレオ音楽信号の如く、複数チャンネルを有する入力に対しても、各加工手段の伝達関数の適応制御を同時平行して行うことができ、聴取者所望の音場を迅速かつ正確に実現することができる。

【0014】また、前記基準用加工手段は、予め用意された複数種の所定の伝達関数の中から、聴取者が1つを所望の伝達関数として選択する。これにより、音楽のジャンル、音楽ソースの種類等に合わせて音場特性を種々に変更することができる。

【0015】また、前記電気-音響変換手段は、聴取者の耳の後方で耳の高さより下に、下向き又は上向きに設置する。これにより、音像の定位が不明瞭となり、電気-音響変換手段の存在を意識させないようにできる。

【0016】

【実施例】図1は本発明の第1実施例に係る適応音場制御装置の全体的な回路図である。10はCDプレーヤ、チューナ等のオーディオソース機器であり、L、Rの2チャンネルステレオオーディオ信号の出力ができるL OUT、R OUTの2つの出力端子を有している。20と30は各々、オーディオソース機器からのL OUTとR OUTの2つの端子からの入力信号に基づき音響再生する音響再生手段であり、この内、21と31はA/D変換器、22と32はフィルタ係数が可変で次数が1のFIRデジタルフィルタから成る適応フィルタであり、各々、A/D変換器21と31の出力を可変の伝達特性（伝達関数）で加工する。23と33はD/A変換器、24と34は電力増幅器、25と35は各々、L、Rのスピーカ（電気-音響変換手段）である。

【0017】40と50は聴取者の両方の耳の外耳道入口近くに置かれた2つのモニタマイクであり、フラットな周波数特性（周波数-レスポンス特性）で聴取者に聞こえる音響をモニタする。41と51はマイクアンプ、42と52はA/D変換器、60はL OUT端子から出力されたオーディオ信号をどのような伝達特性（伝達関数）の下に左耳で聞きたいか、聴取者が所望する伝達特性（伝達関数）を基準設定してある基準用加工手段、70はR OUT端子から出力されたオーディオ信号をどのような伝達特性（伝達関数）の下に右耳で聞きたいか、聴

取者が所望する伝達特性（伝達関数）を基準設定してある基準用加工手段である。

【0018】基準用加工手段60は、遅延時間が τ_{LI} でA/D変換器21の出力を遅延する遅延器61と、この遅延器の出力側に接続されたFIR型のデジタルフィルタ62から構成されている。基準用加工手段70は、遅延時間が τ_{Rr} でA/D変換器31の出力を遅延する遅延器71と、この遅延器の出力側に接続されたFIR型のデジタルフィルタ72から構成されている。

【0019】オーディオソース機器10のLout 端子から出力されたオーディオ信号に基づく音響が左耳に到達するのと、Rout 端子から出力されたオーディオ信号に基づく音響が右耳に到達するのとは同時であるべきなので、 $\tau_{LI} = \tau_{Rr}$ とされている。遅延時間 τ_{LI} と τ_{Rr} は、聴取者がスピーカ25、35から一番離れて聴取すると仮定したときに、聴取者から遠い方のスピーカと聴取者との間の距離Lを音響が進む時間以上の適当な値とする。例えば、L=3m、室温の音速=340m/sとすると、 $\tau_{LI} = \tau_{Rr} > 8.8ms$ としておけば良い。デジタルフィルタ62と72には、フラット、ローブースト、ハイブースト、ボーカル帯域の強調等、聴取者が所望する任意の周波数-ゲイン特性を持つ伝達特性（伝達関数）が設定されており、ここでは、一例として全帯域にわたり0dBのフラットな周波数特性に設定されているものとする。

【0020】43はA/D変換器42の出力と基準用加工手段60の出力の偏差を計算する減算器、53はA/D変換器52の出力と基準用加工手段70の出力の偏差を計算する減算器、26は適応制御部であり、A/D変換後のLout 端子出力と減算器43の出力とから、Lout 端子の出力をリファレンス信号にして減算器43の*

$$w_{Li}(n+1) = w_{Li}(n) + \alpha \cdot \gamma e_i(n) \cdot q_{Li}^* (n-i) \cdots (1)$$

但し、

$$q_{Li}^* (n-i) = \sum_{j=0}^J c_{Li,j} \cdot x_L(n-j-i)$$

α ：所定の収束係数、 γ ：所定の重み係数

に従い、適応フィルタ22に対しフィルタ係数の更新設定を行う。なお、フィルタ係数 w_{Li} の初期値 $w_{Li}(0)$ は予め定められた所定値に設定する。また、フィルタ係数 $c_{Li,j}$ は、D/A変換器23の入力点AにM系列ノイズデータを注入したときのA/D変換器42の出力点A'の応答信号から所定の演算を行うことで同定して求める。適応制御部26は適応制御が完了した時点のフィルタ係数を一時記憶する内蔵メモリ（図示せず）を備えている。

【0023】適応制御部36はRout 端子からの出力と減算器53の出力に基づき、Rout端子からの出力をリファレンス信号として、減算器53の出力を最小とできるように適応フィルタ32のフィルタ係数を更新する。

*出力が小さくなるように適応フィルタ22のフィルタ係数を更新し、スピーカ25からの音響が聴取者の左耳の外耳道入口にて所望の周波数-レスポンス特性（ここではフラット）が得られるようにする。36は適応制御部であり、A/D変換後のRout 端子出力と減算器53の出力とから、Rout 端子の出力をリファレンス信号にして減算器53の出力が小さくなるように適応フィルタ32のフィルタ係数を更新し、スピーカ35からの音響が聴取者の右耳の外耳道入口にて所望の周波数-レスポンス特性（ここではフラット）が得られるようにする。

【0021】適応制御部26はLout 端子からの出力と減算器43の出力に基づき、Lout端子からの出力をリファレンス信号として、減算器43の出力を最小とできるように適応フィルタ22のフィルタ係数を更新する。A/D変換器21から出力される離散信号 $x_L(n)$ と減算器43から出力される離散信号 e_i とから、例えば、

$$J e = \{e_i(n)\}^2$$

の評価関数を最小とする適応フィルタ22のフィルタ係数を例えば、最急降下法の1つであるLMSアルゴリズムによって決定し、適応フィルタ22に更新設定する。

【0022】適応フィルタ22がI次のFIRフィルタで構成されているものとして、適応フィルタ22のi次目のフィルタ係数を w_{Li} （但し、 $i=0 \sim I$ ）、適応フィルタ22の出力点からモニタマイク40までの伝送路の伝達関数 C_{Li} をJ次のFIRフィルタで具現するときのj次目のフィルタ係数を $c_{Li,j}$ とすると（但し、 $j=0 \sim J$ ）、適応制御部26は、時刻 t_n における適応フィルタ22のi次目のフィルタ係数を $w_{Li}(n)$ として、時刻 t_{n+1} のフィルタ係数 $w_{Li}(n+1)$ を次式、

A/D変換器31から出力される離散信号 $x(n)$ と減算器53から出力される離散信号 e_r とから、

$$J e = \{e_r(n)\}^2$$

の評価関数を最小とする適応フィルタ32のフィルタ係数を例えば、最急降下法の1つであるLMSアルゴリズムによって決定し、適応フィルタ32に更新設定する。

【0024】適応フィルタ32がI次のFIRフィルタで構成されているものとして、適応フィルタ32のi次目のフィルタ係数を w_{Ri} （但し、 $i=0 \sim I$ ）、適応フィルタ32の出力点からモニタマイク50までの伝送路の伝達関数 C_{Rr} をJ次のFIRフィルタで具現するときのj次目のフィルタ係数を $c_{Rr,j}$ とすると（但し、 $j=0 \sim J$ ）、適応制御部36は、時刻 t_n における適応フィルタ32のi次目のフィルタ係数を $w_{Ri}(n)$ とし

て、時刻 t_{n+1} のフィルタ係数 $w_{ri}(n+1)$ を次式、

$$w_{ri}(n+1) = w_{ri}(n) + \alpha \cdot \gamma \cdot e_r(n) \cdot q_{rr}^*(n-i) \cdots (2)$$

但し、

$$q_{rr}^*(n-i) = \sum_{j=0}^J c_{1r,j} \cdot x_l(n-j-i)$$

α : 所定の収束係数、 γ : 所定の重み係数

に従い、適応フィルタ 32 に対しフィルタ係数の更新設定を行う。なお、フィルタ係数 w_{ri} の初期値 $w_{ri}(0)$ は予め定められた所定値に設定する。また、フィルタ係数 $c_{rr,j}$ は、D/A 変換器 33 の入力点 B に M 系列ノイズデータを注入したときの A/D 変換器 52 の出力点 B' の応答信号から所定の演算を行うことで同定して求める。

【0025】80 はシステムコントローラであり、手元操作器 81 により音場補正が指示されると、まず、伝達関数 C_{li} を定めるフィルタ係数 $c_{li,j}$ と伝達関数 C_{rr} を定めるフィルタ係数 $c_{rr,j}$ を同定し、適応制御部 26 と 36 にセットする。次に、適応制御部 26 と 36 を制御して、順に、Lch 側と Rch 側の適応制御を行わせる。

【0026】次に上記した第 1 実施例の動作を簡単に説明する。なお、オーディオソース機器 10 はステレオオーディオ信号を出力中であるとし、適応フィルタ 22 と 32 にはオール零でない任意のフィルタ係数が設定されているものとする。手元操作器 81 で音場補正の指示がされると、システムコントローラ 80 は適応制御部 26 と 36 を制御して適応フィルタ 22 と 32 のフィルタ係数を全て零とさせ、Lch 側と Rch 側のスピーカ 25 と 35 の音響出力を停止させる。この状態で、A 点に一定時間、M 系列ノイズデータを注入し、スピーカ 25 から擬似ランダムノイズ音を放射させ、A' 点の応答出力を解析して伝達関数 C_{li} を定めるフィルタ係数 $c_{li,j}$ を求め、適応制御部 26 にセットする。続いて、B 点に一定時間、M 系列ノイズデータを注入し、スピーカ 35 から該 M 系列ノイズ音を放射させ、B' 点の応答出力を解析して伝達関数 C_{rr} を定めるフィルタ係数 $c_{rr,j}$ を求め、適応制御部 36 にセットする。

【0027】次に、適応制御部 26 を制御し、Lch 側の適応制御を開始させる。適応制御部 26 はまず適応フィルタ 22 の各フィルタ係数を $w_{li}(0)$ に設定する。オーディオソース機器 10 の L_{out} 端子出力は A/D 変換器 21 で A/D 変換され、適応フィルタ 22 で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、D/A 変換器 23 で D/A 変換されたあと電力増幅器 24 で電力増幅され、スピーカ 25 により音響変換される。スピーカ 25 から出力された音響は聴取者の左耳の外耳道入口近くに設置されたモニタマイク 40 で拾われ、マイクアンプ 41 で増幅されたあと、A/D 変換器 42 で A/D 変換される。

【0028】一方、A/D 変換器 21 の出力は基準用加工手段 60 に入力され、遅延器 61 で τ_{li} だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 62 でフラットな周波数特性に加工されて基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 42 の出力との偏差が減算器 43 で求められる。適応制御部 26 は適応フィルタ 22 に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、A/D 変換器 21 の出力 $x_l(n)$ と減算器 43 からの偏差出力 $e_l(n)$ を用いて (1) に従い、 $e_l(n)$ の 2 乗値が最小となるように適応フィルタ 22 のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $e_l(n)$ の 2 乗値が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する。このとき、スピーカ 25 から放射された音響は聴取者の左耳の外耳道入口にて周波数レスポンス特性がフラットとなる。

【0029】但し、まだ Rch 側の適応制御がなされていないので、Rch 側の適応制御を可能とするため、適応制御部 26 は $e_l(n)$ の 2 乗値が一定以下に小さくなったとき、その時点で適応フィルタ 22 に設定されているフィルタ係数 $w_{li}(i=0 \sim 1)$ を内蔵のメモリ

(図示せず) に記憶したあと、適応フィルタ 22 のフィルタ係数を全て零に変えて Lch の音響出力を停止させ、適応制御完了通知をシステムコントローラ 80 に出力する。該通知を受けたシステムコントローラ 80 は適応制御部 36 を制御し、Rch 側の適応制御を開始させる。適応制御部 36 はまず適応フィルタ 32 の各フィルタ係数を $w_{ri}(0)$ に設定する。オーディオソース機器 10 の R_{out} 端子出力は A/D 変換器 31 で A/D 変換され、適応フィルタ 32 で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、D/A 変換器 33 で D/A 変換されたあと電力増幅器 34 で電力増幅され、スピーカ 35 により音響変換される。スピーカ 35 から出力された音響は聴取者の左耳の外耳道入口近くに設置されたモニタマイク 50 で拾われ、マイクアンプ 51 で増幅されたあと、A/D 変換器 52 で A/D 変換される。

【0030】一方、A/D 変換器 31 の出力は基準用加工手段 70 に入力され、遅延器 71 で τ_{rr} だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 72 でフラットな周波数特性に加工されて基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 52 の出力との偏差が減算器 53 で求められる。適応制御部 36 は適応フィルタ 32 に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、A/D 変換器 31 の出力 $x_r(n)$ と減算器 53 からの偏差出力 $e_r(n)$ を用いて (2) に従い、 $e_r(n)$ の 2 乗値が

最小となるように適応フィルタ 32 のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $er(n)$ の 2 乗値が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する。このとき、スピーカ 35 から放射された音響は聴取者の右耳の外耳道入口にて周波数レスポンス特性がフラットとなる。

【0031】適応制御部 36 は $er(n)$ の 2 乗値が一定以下に小さくなったとき、適応制御完了通知をシステムコントローラ 80 に出力する。該通知を受けたシステムコントローラ 80 は適応制御部 26 に対し、フィルタ係数の再設定を指示する。該指示を受けた適応制御部 26 は先に内蔵メモリに記憶したフィルタ係数を適応フィルタ 22 に設定し、Lch 側を適応制御が完了した状態に戻す。以上により、Lch のスピーカ 25 から出た音響は聴取者の左耳の外耳道入口にてフラットな周波数特性となり、Rch のスピーカ 35 から出た音響も右耳の外耳道入口にてフラットな周波数特性となるので、以降、聴取者は、スピーカ 25、35 が如何なる周波数レスポンス特性を持つか、音響再生空間が如何なる伝達関数を持つか、聴取者が如何なる頭部伝達関数を持つかによらず、聴取者所望のフラットな周波数特性を持つ音場を正確に実現することができる。よって、スピーカ 25、35 の口径が小さく低域のレスポンスが悪くても、低音を雄大なスケールで聴取することができる。また、車室内の如く、音響空間の周波数特性のうねりで 500 Hz ~ 1 kHz のボーカル帯域が低下する傾向が有る場合でも、ボーカル帯域を明瞭に聴取することができる。また、スピーカ 25 と 35 が車室内の左右のドアに設けられていて、聴取者（運転者）から各スピーカ 25、35 までの距離が異なっている、左右のスピーカ 25、35 から聴取者の左右の耳までの音の到達時間とレベルを揃えることができ、この結果、自然なステレオ音像が得られる。また、聴取者が替わったり、聴取者は同じでも聴取位置が変わった場合、モニタマイク 40、50 を新たな聴取者または新たな聴取位置にセットし直し、手元操作器 81 で音場補正を指示すれば、新たな聴取者または新たな聴取位置でも所望の音場特性で聴取可能となる。

【0032】また、音響再生手段 20、30 のスピーカ 25、35 を図 2 に示す如く、ステレオヘッドホン 100 のヘッドホンスピーカ 101、102 に置き換え、モニタマイク 40、50 はステレオヘッドホン 100 に固定されて左右の耳 103、104 の外耳道入口 105、106 の近くに位置するようにしても良い。これにより、ヘッドホン再生時でも、聴取者の耳介の伝達特性の個人差に関わらず、聴取者所望の音場を正確に実現することができる。なお、ステレオヘッドホン 100 が密閉型であれば、ヘッドホンスピーカ 101（102）から出た音響は反対側のヘッドホンスピーカ 102（101）に届かない。よって、音場制御をする際、図 1 のシ

ステムコントローラ 80 は、Lch、Rch とともに音響出力を続けたまま同時に適応フィルタ 22、32 に対する適応制御を行わせることができる。

【0033】即ち、聴取者がヘッドホン 100 を耳に掛け、オーディオソース機器 10 からステレオオーディオ信号が出力されている状態で、手元操作器 81 により音場補正の指示がなされたとき、システムコントローラ 80 は適応制御部 26、36 を制御して適応フィルタ 22、32 の各フィルタ係数を 0 とさせ、A 点と B 点にシステムコントローラ 80 の内部で生成した M 系列ノイズデータを一定時間注入し、スピーカ 101、102 から M 系列ノイズ音を放射させる。スピーカ 101 から出た音はモニタマイク 40 だけに拾われ、スピーカ 102 から出た音はモニタマイク 50 だけに拾われる。そして、A 点の応答出力から伝達関数 CL_i を解析し、フィルタ係数 $c_{Li,j}$ を同定して適応制御部 26 にセットし、B 点の応答出力から伝達関数 CR_r を解析し、フィルタ係数 $c_{Rr,j}$ を同定して適応制御部 36 にセットする。次いで、M 系列ノイズデータの注入を止める。次に、適応制御部 26 を制御して Lch 側の適応フィルタ 22 の適応制御を開始させ、同時に適応制御部 36 を制御して Rch 側の適応フィルタ 32 の適応制御を開始させる。すると、適応制御部 26 と 36 は、各々、適応フィルタ 22 と 32 に所定の初期フィルタ係数 $w_{Li}(0)$ と $w_{Rr}(0)$ を設定する。このとき、ヘッドホンスピーカ 101 から放射された音響は左耳だけに入るとともにモニタマイク 40 に拾われ、基準用加工手段 60 の出力との偏差 e_l が減算器 43 から出力される。また、ヘッドホンスピーカ 102 から放射された音響は右耳だけに入るとともにモニタマイク 50 に拾われ、基準用加工手段 70 の出力との偏差 e_r が減算器 53 から出力される。適応制御部 26 と 36 は初期設定後、各々、 e_l 、 e_r が一定以下の大きさになるまで適応フィルタ 22、32 に対し適応制御を行い、 e_l 、 e_r が一定以下の大きさになったところで、適応フィルタ 22、32 のフィルタ係数を固定し、制御を完了すれば良い（ e_l 、 e_r が一定以下の大きさになったあとも適応制御を継続しても良い）。

【0034】図 3 は本発明の第 2 実施例に係る車載用適応音場制御装置の回路図であり、図 1 と同一の構成部分には同一の符号が付してある。図 1 の実施例では、Lch 側のスピーカから出た音響を聴取者の左耳で所望の音場特性で聴取でき、Rch 側のスピーカから出た音響を聴取者の右耳で所望の音場特性で聴取できるようにしたが、図 3 の実施例は、Lch 側のスピーカから出た音響を聴取者の左耳と右耳の両方で所望の音場特性で聴取でき、Rch 側のスピーカから出た音響を聴取者の右耳と左耳の両方で所望の音場特性で聴取できるようにしたものである。

【0035】基準用加工手段 60 A には図 1 に比べて、

A/D変換器31の出力側に直列に設けられた遅延時間 τ_{RI} の遅延器63、該遅延器の出力側に接続されたFIR型のデジタルフィルタ64、該デジタルフィルタの出力側に接続されたゲイン調整用の乗算器65（乗算係数 g_{RI} ）と、デジタルフィルタ62と乗算器65の出力を切り換えるスイッチ66とが追加されている。遅延器63、デジタルフィルタ64、乗算器65はR-OUT端子から出力されたオーディオ信号をどのような伝達特性（伝達関数）の下に左耳に聞きたいか、聴取者が所望する伝達特性を基準設定するためのものである。また、基準用加工手段70Aには図1に比べて、A/D変換器21の出力側に直列に設けられた遅延時間 τ_{LR} の遅延器73、該遅延器の出力側に接続されたFIR型のデジタルフィルタ74、該デジタルフィルタの出力側に接続されたゲイン調整用の乗算器75（乗算係数 g_{LR} ）と、デジタルフィルタ72と乗算器75の出力を切り換えるスイッチ76とが追加されている。遅延器73、デジタルフィルタ74、乗算器75はL-OUT端子から出力されたオーディオ信号をどのような伝達特性（伝達関数）の下に右耳に聞きたいか、聴取者が所望する伝達特性を基準設定するためのものである。

【0036】オーディオソース機器10のL-OUT端子から出力されたオーディオ信号に基づく音響が左耳に到達するのと、R-OUT端子から出力されたオーディオ信号に基づく音響が右耳に到達するのとは同時であるべきなので、遅延器61での遅延時間 τ_{LI} は遅延器71の遅延時間 τ_{RR} と同一とされている。遅延時間 τ_{LI} と τ_{RR} は、聴取者がスピーカ25、35から一番離れて聴取すると仮定したときに、聴取者から遠い方のスピーカと聴取者との間の距離 L を音響が進む時間以上の適当な値としてある。例えば、 $L=3\text{m}$ 、室温の音速 $=340\text{m/s}$ とすると、 $\tau_{LI}=\tau_{RR}>8.8\text{ms}$ としておけば良い。一方、スピーカ35から出た音のモニタマイク50と40の間の到達時間差を $\Delta\tau_{RI}$ 、スピーカ25から出た音のモニタマイク40と50の間の到達時間差を $\Delta\tau_{LR}$ とすると、 $\tau_{RI}=\tau_{RR}+\Delta\tau_{RI}$ 、 $\tau_{LR}=\tau_{LI}+\Delta\tau_{LR}$ としてある。また、スピーカ35から出た音のモニタマイク50での受音レベルに対するモニタマイク40での受音レベルの比を m_{RI} 、スピーカ25から出た音のモニタマイク40での受音レベルに対するモニタマイク50での受

$$w_{Li}(n+1) = w_{Li}(n) + \alpha \cdot y_{eI}(n) \cdot q_{LI}^*(n-i) + \alpha \cdot y_{eR}(n) \cdot q_{LR}^*(n-i) \quad \dots (3)$$

但し、

【0037】スピーカ25、35と聴取者の位置関係が固定しているとき、 $\Delta\tau_{RI}$ と m_{RI} には予め、ダミーヘッドの外耳道入口にモニタマイク40、50を装着し、スピーカ35から或るレベルのパルス音を放射させたときのモニタマイク50と40の間の到達時間差と受音レベル差を計測して求めた値が近似値として設定してあり、 $\Delta\tau_{LR}$ と m_{LR} には、スピーカ25から或るレベルのパルス音を放射させたときのモニタマイク40と50の間の到達時間差と受音レベル差を計測して求めた値が近似値として設定してある。デジタルフィルタ62、64、72、74には、フラット、ローブスト、ハイブスト、ボーカル帯域の強調等、聴取者が所望する任意の周波数-ゲイン特性を持つ伝達特性（伝達関数）が設定されており、ここでは、一例として全帯域にわたり0dBのフラットな周波数特性に設定されているものとする。

【0038】適応制御部26Aは、A/D変換後のL-OUT端子出力と減算器43、53の出力とから、L-OUT端子の出力をリファレンス信号にして減算器43、53の出力がともに小さくなるように適応フィルタ22のフィルタ係数を更新し、スピーカ25からの音響が聴取者の左耳と右耳の外耳道入口にて所望の周波数-レスポンス特性（ここではフラット）が得られるようにする。A/D変換器21から出力される離散信号 $x_L(n)$ と減算器43から出力される離散信号 e_I 、減算器53から出力される離散信号 e_R とから、例えば、

$$J_e = \{e_I(n)\}^2 + \{e_R(n)\}^2$$

の評価関数を最小とする適応フィルタ22のフィルタ係数を例えば、最急降下法の1つであるLMSアルゴリズムによって決定し、適応フィルタ22に更新設定する。

【0039】適応フィルタ22がI次のFIRフィルタで構成されているものとして、適応フィルタ22のi次目のフィルタ係数を w_{Li} （但し、 $i=0\sim I$ ）、適応フィルタ22の出力点からモニタマイク40までの伝送路の伝達関数 C_{LI} をJ次のFIRフィルタで具現するときのj次目のフィルタ係数を $c_{LI,j}$ 、適応フィルタ22の出力点からモニタマイク50までの伝送路の伝達関数 C_{LR} をJ次のFIRフィルタで具現するときのj次目のフィルタ係数を $c_{LR,j}$ とすると（但し、 $j=0\sim J$ ）、適応制御部26Aは、時刻 t_n における適応フィルタ22のi次目のフィルタ係数を $w_{Li}(n)$ として、時刻 t_{n+1} のフィルタ係数 $w_{Li}(n+1)$ を次式、

$$q_{Li}^* (n-i) = \sum_{j=0}^J c_{Li,j} \cdot x_L (n-j-i)$$

$$q_{Lr}^* (n-i) = \sum_{j=0}^J c_{Lr,j} \cdot x_L (n-j-i)$$

α : 所定の収束係数、 γ : 所定の重み係数

に従い、適応フィルタ 22 に対しフィルタ係数の更新設定を行う。なお、フィルタ係数 w_{Li} の初期値 $w_{Li}(0)$ は予め定められた所定値に設定する。また、フィルタ係数 $c_{Li,j}$ は、D/A 変換器 23 の入力点 A に M 系列ノイズデータを注入したときの A/D 変換器 42 の出力点 A' の応答信号から所定の演算を行うことで同定して求める。適応制御部 26A は適応制御が完了した時点のフィルタ係数を一時記憶する内蔵メモリ (図示せず) を備えている。

【0040】適応制御部 36A は、A/D 変換後の R_{OUT} 端子出力と減算器 53、43 の出力とから、R_{OUT} 端子の出力をリファレンス信号にして減算器 53、43 の出力がともに小さくなるように適応フィルタ 32 のフィルタ係数を更新し、スピーカ 35 からの音響が聴取者の左耳と右耳の外耳道入口にて所望の周波数-レスポンス特性 (ここではフラット) が得られるようにする。A/D 変換器 31 から出力される離散信号 $x_R(n)$ と減

$$w_{Ri}(n+1) = w_{Ri}(n) + \alpha \cdot \gamma \cdot e_r(n) \cdot q_{Rr}^* (n-i) + \alpha \cdot \gamma \cdot e_l(n) \cdot q_{Rl}^* (n-i) \quad \dots (4)$$

但し、

$$q_{Lr}^* (n-i) = \sum_{j=0}^J c_{Lr,j} \cdot x (n-j-i)$$

$$q_{Li}^* (n-i) = \sum_{j=0}^J c_{Li,j} \cdot x (n-j-i)$$

α : 所定の収束係数、 γ : 所定の重み係数

に従い、適応フィルタ 32 に対しフィルタ係数の更新設定を行う。なお、フィルタ係数 w_{Ri} の初期値 $w_{Ri}(0)$ は予め定められた所定値に設定する。また、フィルタ係数 $c_{Rr,j}$ は、D/A 変換器 33 の入力点 A に M 系列ノイズデータを注入したときの A/D 変換器 52 の出力点 B' の応答信号から所定の演算を行うことで同定して求め、フィルタ係数 $c_{Rl,j}$ は、D/A 変換器 33 の入力点 A に M 系列ノイズデータを注入したときの A/D 変換器 42 の出力点 A' の応答信号から所定の演算を行うことで同定して求める。

【0042】システムコントローラ 80A は、手元操作器 81 により音場補正が指示されると、まず、伝達関数 C_{Li} を定めるフィルタ係数 $c_{Li,j}$ と伝達関数 C_{Lr} を定めるフィルタ係数 $c_{Lr,j}$ 、伝達関数 C_{Rr} を定めるフィルタ係数 $c_{Rr,j}$ と伝達関数 C_{Rl} を定めるフィルタ係数 $c_{Rl,j}$ を同定し、適応制御部 26A と 36A にセット

* 算器 43 から出力される離散信号 e_l 、減算器 53 から出力される離散信号 e_r とから、例えば、

$$J_e = \{e_l(n)\}^2 + \{e_r(n)\}^2$$

10 の評価関数を最小とする適応フィルタ 32 のフィルタ係数を例えば、最急降下法の 1 つである LMS アルゴリズムによって決定し、適応フィルタ 32 に更新設定する。

【0041】適応フィルタ 32 が I 次の FIR フィルタで構成されているものとして、適応フィルタ 32 の i 次目のフィルタ係数を w_{Ri} (但し、 $i=0 \sim I$)、適応フィルタ 32 の出力点からモニタマイク 50 までの伝送路の伝達関数 C_{Rr} を J 次の FIR フィルタで具現するときの j 次目のフィルタ係数を $c_{Rr,j}$ 、適応フィルタ 22 の出力点からモニタマイク 40 までの伝送路の伝達関数 C_{Rl} を J 次の FIR フィルタで具現するときの j 次目のフィルタ係数を $c_{Rl,j}$ とすると (但し、 $j=0 \sim J$)、適応制御部 36A は、時刻 t_n における適応フィルタ 32 の i 次目のフィルタ係数を $w_{Ri}(n)$ として、時刻 t_{n+1} のフィルタ係数 $w_{Ri}(n+1)$ を次式、

する。次に、適応制御部 26A と 36A、基準用加工手段 60A と 70A を制御して、順に、Lch 側と Rch 側の適応制御を行わせる。その他の構成部分は図 1 と同様に構成されている。

【0043】次に上記した第 2 実施例の動作を簡単に説明する。なお、オーディオソース機器 10 はステレオオーディオ信号を出力中であるとし、適応フィルタ 22 と 32 にはオール零でない任意のフィルタ係数が設定されているものとする。また、適応フィルタ 22 と 32 の適応制御は順に行うものとする。手元操作器 81 で音場補正の指示がされると、システムコントローラ 80A は適応制御部 26A と 36A を制御して適応フィルタ 22 と 32 のフィルタ係数を全て零とさせ、Lch 側と Rch 側のスピーカ 25 と 35 の音響出力を停止させる。この状態で、A 点に一定時間、M 系列ノイズデータを注入し、スピーカ 25 から M 系列ノイズ音を放射させ、A' 点の応答出力を解析して伝達関数 C_{Li} を定めるフィルタ

15

係数 $c_{Li, j}$ を求め、また B' 点の応答出力を解析して伝達関数 CL_r を定めるフィルタ係数 $c_{Lr, j}$ を求め、適応制御部 26 A にセットする。続いて、 B 点に一定時間、 M 系列ノイズデータを注入し、スピーカ 35 から M 系列ノイズ音を放射させ、 B' 点の応答出力を解析して伝達関数 CR_r を定めるフィルタ係数 $c_{Rr, j}$ を求め、また A' 点の応答出力を解析して伝達関数 CR_l を定めるフィルタ係数 $c_{Rl, j}$ を求め、適応制御部 36 A にセットする。

【0044】次に、基準用加工手段 60 A と 70 A のスイッチ 66 と 76 を L 側とし、 Lch 側のオーディオ信号に基づく音響を左耳と右耳で所望の音場特性で聴取するための基準伝達特性を設定する。そして、適応制御部 26 A を制御し、 Lch 側の適応制御を開始させる。適応制御部 26 A はまず適応フィルタ 22 の各フィルタ係数を $w_{Li}(0)$ に設定する。オーディオソース機器 10 の L_{out} 端子出力は A/D 変換器 21 で A/D 変換され、適応フィルタ 22 で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、 D/A 変換器 23 で D/A 変換されたあと電力増幅器 24 で電力増幅され、スピーカ 25 により音響変換される。スピーカ 25 から出力された音響は聴取者の左耳と右耳の外耳道入口近くに設置されたモニタマイク 40 と 50 で拾われ、各々、マイクアンプ 41、51 で増幅されたあと、 A/D 変換器 42、52 で A/D 変換される。

【0045】一方、 A/D 変換器 21 の出力は基準用加工手段 60 A に入力され、遅延器 61 で τ_{Li} だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 62 でフラットな周波数特性に加工されて左耳用の基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 42 の出力との偏差が減算器 43 で求められる。また、 A/D 変換器 21 の出力は基準用加工手段 70 A に入力され、遅延器 71 で τ_{Lr} ($=\tau_{Li} + \Delta\tau_{Lr}$) だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 74 でフラットな周波数特性に加工され、更に乗算器 75 で乗数 g_{Lr} が乗ぜられて右耳用の基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 52 の出力との偏差が減算器 53 で求められる。適応制御部 26 A は適応フィルタ 22 に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、 $x_l(n)$ 、 $e_l(n)$ 、 $e_r(n)$ を用いて (3) に従い、 $e_l(n)$ の 2 乗値と $e_r(n)$ の 2 乗値との和が最小となるように適応フィルタ 22 のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $e_l(n)$ の 2 乗値と $e_r(n)$ の 2 乗値との和が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する。このとき、スピーカ 25 から放射された音響は聴取者の左耳と右耳の外耳道入口にて周波数—レスポンス特性がフラットとなる。また、右耳には左耳より $\Delta\tau_{Lr}$ だけ遅延して音響が到達し、しかもレベルが g_{Lr} 倍に小さくなっているため、良好な方向感が得られる。

16

【0046】但し、まだ Rch 側の適応制御がなされていないので、 Rch 側の適応制御を可能とするため、適応制御部 26 A は $e_l(n)$ の 2 乗値と $e_r(n)$ の 2 乗値の和が一定以下に小さくなったとき、その時点で適応フィルタ 22 に設定されているフィルタ係数 w_{Li} ($i=0\sim I$) を内蔵のメモリ (図示せず) に記憶したあと、適応フィルタ 22 のフィルタ係数を全て零に変えて Lch の音響出力を停止させ、適応制御完了通知をシステムコントローラ 80 A へ出力する。該通知を受けたシステムコントローラ 80 A は、基準用加工手段 70 A と 60 A のスイッチ 76 と 66 を R 側とし、 Rch 側のオーディオ信号に基づく音響を右耳と左耳で所望の音場特性で聴取するための基準伝達特性を設定する。そして、適応制御部 36 A を制御し、 Rch 側の適応制御を開始させる。適応制御部 36 A はまず適応フィルタ 32 の各フィルタ係数を $w_{Ri}(0)$ に設定する。オーディオソース機器 10 の R_{out} 端子出力は A/D 変換器 31 で A/D 変換され、適応フィルタ 32 で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、 D/A 変換器 33 で D/A 変換されたあと電力増幅器 34 で電力増幅され、スピーカ 35 により音響変換される。スピーカ 35 から出力された音響は聴取者の右耳と左耳の外耳道入口近くに設置されたモニタマイク 50 と 40 で拾われ、各々、マイクアンプ 51、41 で増幅されたあと、 A/D 変換器 52、42 で A/D 変換される。

【0047】一方、 A/D 変換器 31 の出力は基準用加工手段 70 A に入力され、遅延器 71 で τ_{Rr} だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 72 でフラットな周波数特性に加工されて右耳用の基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 52 の出力との偏差が減算器 53 で求められる。また、 A/D 変換器 31 の出力は基準用加工手段 60 A に入力され、遅延器 61 で τ_{Rl} ($=\tau_{Rr} + \Delta\tau_{Rl}$) だけ遅延されたあとデジタルフィルタ 64 でフラットな周波数特性に加工され、更に乗算器 65 で乗数 g_{Rl} が乗ぜられて左耳用の基準用信号として出力される。そして、該基準用信号と A/D 変換器 42 の出力との偏差が減算器 43 で求められる。適応制御部 36 A は適応フィルタ 32 に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、 $x_r(n)$ 、 $e_l(n)$ 、 $e_r(n)$ を用いて (4) に従い、 $e_r(n)$ の 2 乗値と $e_l(n)$ の 2 乗値との和が最小となるように適応フィルタ 32 のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $e_r(n)$ の 2 乗値と $e_l(n)$ の 2 乗値との和が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する。このとき、スピーカ 35 から放射された音響は聴取者の右耳と左耳の外耳道入口にて周波数—レスポンス特性がフラットとなる。また、左耳には右耳より $\Delta\tau_{Rl}$ だけ遅延して音響が到達し、しかもレベルが g_{Rl} 倍に小さくなっているため、良好な音像の方向感が得られる。適応制御部 36 A は $e_r(n) +$

$e_l(n)$ の2乗値が一定以下に小さくなったとき、適応制御完了通知をシステムコントローラ80Aに出力する。該通知を受けたシステムコントローラ80Aは適応制御部26Aに対し、フィルタ係数の再設定を指示する。該指示を受けた適応制御部26Aは先に内蔵メモリに記憶したフィルタ係数を適応フィルタ22に設定し、Lch側を適応制御が完了した状態に戻す。

【0048】以上により、Lchのスピーカ25から出た音響は聴取者の左耳と右耳の外耳道入口にてフラットな周波数特性となり、Rchのスピーカ35から出た音響も右耳と左耳の外耳道入口にてフラットな周波数特性となるので、以降、聴取者は、スピーカ25、35が如何なる周波数—レスポンス特性を持つか、音響再生空間が如何なる伝達特性を持つか、聴取者が如何なる頭部伝達特性を持つかによらず、聴取者所望のフラットな周波数特性を持つ音場をより正確に実現することができる。また、スピーカ25と35が車室内の左右のドアに設けられていて、聴取者（運転者）から各スピーカ25、35までの距離が異なっている、左右のスピーカ25、35から聴取者の左右の耳までの音の到達時間とレベルを揃えることができ、加えて、スピーカ25から出た音響は左耳に右耳より遅延して、しかもレベルも小さくなって到達し、スピーカ35から出た音響は右耳に左耳より遅延して、しかもレベルも小さくなって到達するので、きわめて自然なステレオ音像が得られる。

【0049】なお、上記した第2実施例では、Lch側とRch側の適応制御を順に行うようにしたが同時にを行うようにして、音場補正に要する時間を短縮しても良い。この場合、図3の適応音場制御装置は図4の如く変更し、基準用加工手段60B、70Bでは、デジタルフィルタ62の出力と乗算器65の出力を加算器67で加算して減算器43へ出力することで、スピーカ25と35から放射されたLchとRchの音響を同時に左耳で所望の音場特性で聴取するための基準伝達特性を設定する。また、デジタルフィルタ72の出力と乗算器75の出力を加算器77で加算して減算器53へ出力することで、スピーカ35と25から放射されたRchとLchの音響を同時に右耳で所望の音場特性で聴取するための基準伝達特性を設定する。

【0050】図4の構成において、手元操作器81で音場補正の指示がされると、システムコントローラ80Aは適応制御部26Aと36Aを制御して適応フィルタ22と32のフィルタ係数を全て零とさせ、Lch側とRch側のスピーカ25と35の音響出力を停止させる。そして、図3の場合と同様にして、A点とB点に一定時間ずつM系列ノイズデータを注入し、A'点とB'点の応答出力解析して伝達関数 CL_i 、 CL_r を定めるフィルタ係数 $c_{Li,j}$ 、伝達関数 CL_r を定めるフィルタ係数 $c_{Lr,j}$ を求め、適応制御部26Aにセットし、伝達関数 CR_r を定めるフィルタ係数 $c_{Rr,j}$ 、伝達関数 CR_l を

定めるフィルタ係数 $c_{Rl,j}$ を求め、適応制御部36Aにセットする。

【0051】次に、適応制御部26Aと36Aを制御し、Lch側とRch側の適応制御を同時に開始させる。適応制御部26Aはまず適応フィルタ22の各フィルタ係数を $w_{li}(0)$ に設定する。オーディオソース機器10のLout端子出力はA/D変換器21でA/D変換され、適応フィルタ22で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、D/A変換器23でD/A変換されたあと電力増幅器24で電力増幅され、スピーカ25により音響変換される。また、適応制御部36Aはまず適応フィルタ32の各フィルタ係数を $w_{ri}(0)$ に設定する。オーディオソース機器10のRout端子出力はA/D変換器31でA/D変換され、適応フィルタ32で所定のデジタル信号処理がなされる。そして、D/A変換器33でD/A変換されたあと電力増幅器34で電力増幅され、スピーカ35により音響変換される。スピーカ25と35から出力された音響はモニタマイク40と50で拾われ、各々、マイクアンプ41、51で増幅されたあと、A/D変換器42、52でA/D変換される。

【0052】A/D変換器42の出力にはLchとRchの音響成分が加算されており、減算器43にて基準用加工手段60Bの出力を減算することで、ステレオ音響再生時における左耳についての所望の音場特性と実際の音場特性との偏差が求まる。また、A/D変換器52の出力にはRchの音響成分とLchの音響成分が加算されており、減算器53にて基準用加工手段70Bの出力を減算することで、ステレオ音響再生時における右耳についての所望の音場特性と実際の音場特性との偏差が求まる。適応制御部26Aは適応フィルタ22に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、 $x_l(n)$ 、 $e_l(n)$ 、 $e_r(n)$ を用いて(3)に従い、 $e_l(n)$ の2乗値と $e_r(n)$ の2乗値との和が最小となるように適応フィルタ22のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $e_l(n)$ の2乗値と $e_r(n)$ の2乗値との和が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する（このとき、適応制御部26Aは適応フィルタ22のフィルタ係数を固定して適応制御を止めても良いが、継続しても良い）。これと平行して、適応制御部36Aは適応フィルタ32に対しフィルタ係数の初期設定をしたあと、 $x_l(n)$ 、 $e_r(n)$ 、 $e_l(n)$ を用いて(3)に従い、 $e_r(n)$ の2乗値と $e_l(n)$ の2乗値との和が最小となるように適応フィルタ32のフィルタ係数をリアルタイムで更新していく。適応制御を開始してから或る時間経過し、 $e_r(n)$ の2乗値と $e_l(n)$ の2乗値との和が一定以下に小さくなれば適応制御が完了する（このとき、適応制御部26Aは適応フィルタ22のフィルタ係数を固定して適応制御を止めても良いが、継続

しても良い)。LchとRchの適応制御が完了すれば、スピーカ25から放射された音響は聴取者の左耳と右耳の外耳道入口にて周波数－レスポンス特性がフラットとなる。また、右耳には左耳より $\Delta \tau_{Lr}$ だけ遅延して音響が到達し、しかもレベルが g_{Lr} 倍に小さくなっている、良好な方向感が得られる。同様に、スピーカ35から放射された音響は聴取者の右耳と左耳の外耳道入口にて周波数－レスポンス特性がフラットとなる。また、左耳には右耳より $\Delta \tau_{Rl}$ だけ遅延して音響が到達し、しかもレベルが g_{Rl} 倍に小さくなっている、き

【0053】ここで、図3、図4の例では、基準用加工手段60A、60Bの遅延器61の遅延時間 τ_{Li} 、遅延器63の遅延時間 τ_{Rl} 、乗算器65の乗算係数 g_{Rl} 、基準用加工手段70A、70Bの遅延器71の遅延時間 τ_{Rr} 、遅延器73の遅延時間 τ_{Lr} 、乗算器75の乗算係数 g_{Lr} を適当な固定値に設定したが、これらを可変できるようにし、聴取者が音場補正を指示する度に計測し直して設定するようにしても良い。具体的には、システムコントローラ80Aが CLi と CLr を定めるフィルタ係数 c_{Li} と c_{Lr} を求めるためにA点に一定時間、M系列ノイズデータを注入した際、A'点での応答遅延時間を計測して遅延器61の τ_{Li} を設定し、B'点での応答遅延時間を計測して遅延器66の τ_{Rl} を設定する。また、A'点での応答出力レベルに対するB'点での応答出力レベルの比を計測して乗算器65の乗算係数 g_{Rl} を設定する。同様に、 CRr と CRl を定めるフィルタ係数 c_{Rl} と c_{Rr} を求めるためにB点に一定時間、M系列ノイズデータを注入した際、B'点での応答遅延時間を計測して遅延器71の τ_{Rr} を設定し、A'点での応答遅延時間を計測して遅延器76の τ_{Lr} を設定する。また、B'点での応答出力レベルに対するC'点での応答出力レベルの比を計測して乗算器75の乗算係数 g_{Lr} を設定する。このようにすれば、個々の聴取者の頭部の形に応じた基準用信号が得られるので、音像定位がより良好となり、また、聴取者が替わったり、聴取者は同じでも聴取位置が変わった場合、モニタマイク40、50を新たな聴取者がセットし直したり、新たな聴取位置でセットし直し、手元操作器81で音場補正を指示することで、新たな聴取者または新たな聴取位置でも良好な音像定位の下に所望の音場特性で聴取可能となる。

【0054】上記した図1の第1実施例及び図2の変形例、図3の第2実施例及び図4の変形例では、オーディオソース機器10はステレオオーディオ信号(L、Rの2chのオーディオ信号)を出力する場合を例に挙げて説明したが、Lout端子とRout端子から同じ1chのモノラルオーディオ信号を出力する場合にも全く同様に適用することができる。この場合、例えば、Rout端子側の音響再生手段30、モニタマイク50、マイクアンプ51、A/D変換器52、減算器53、適応制御部3

6、36Aを省略し、基準用加工手段60A、60Bの中の減算器63、デジタルフィルタ64、乗算器65、基準用加工手段70A、70Bの中の減算器73、デジタルフィルタ74、乗算器75を省略し、Lout端子からのオーディオ信号に基づく音響だけ適応音場制御するようにしても良い。

【0055】また、図1～図4の例において、デジタルフィルタ62、64、72、74はフラットな周波数－ゲイン特性に固定したが、フラット、ローブースト、ハイブースト、ボーカル帯域の強調(500Hz～1kHzのブースト)、反射音付加及び(または)残響付加等による種々のサラウンド音場など、複数の音場特性の中から、聴取者が選んだ1つの特性を選択的に設定できるようにしても良い。すなわち、基準用加工手段60、60A、60B、70、70A、70Bのデジタルフィルタ62、64、72、74はフィルタ係数を切り換え設定可能とし、デジタルフィルタ62、64、72、74に複数種の伝達特性(伝達関数)を設定するための複数種のフィルタ係数を例えばシステムコントローラ80、80Aの内蔵メモリ(図示せず)に記憶しておく。そして、聴取者が音場補正の指示操作をする前に、手元操作器81にて所望の伝達特性を1つ選択する操作をしたとき、システムコントローラ80、80Aが対応するフィルタ係数をデジタルフィルタ62、64、72、74に設定する。このようにして、基準用加工手段60、60A、60B、70、70A、70Bの伝達特性を切り換えることで、音楽のジャンル、音楽ソースの種類等に合わせて、フラットだけでなく、ローブースト、ハイブースト、ボーカル帯域の強調(500Hz～1kHzのブースト)、反射音付加及び(または)残響付加など音場特性を種々に変更することができる。

【0056】また、図1、図3、図4のいずれの例も、図5に示す如く、座席90の上端に設けたヘッドレスト91の両サイドに回転自在に2つの回転支持部材92を装備し、各回転支持部材92の先端にモニタマイク40、50を設け、回転支持部材92の回転軸93にモータの回転力を受けて回転支持部材92を回転する回転伝達機構を結合しておく。そして、予め、回転支持部材92を上向きに待機させておく(図5の破線Eの状態)、聴取者が音場補正を指示したとき、システムコントローラ80、80Aがモータを制御して回転支持部材92を前向きとなるまで90°回転させ、モニタマイク40と50を各々、ユーザの左右の耳の外耳道入口近くに位置させる。しかるのち、システムコントローラ80、80Aは、前述と同様に、伝達関数 CLi 、 CLr 、 CRl 、 CRr の内の必要なものの同定と適応音場制御を行わせ、完了後、モータを制御して回転支持部材92を上向きとなるまで90°回転させ、元の位置に待機させる。このようにすれば、適応制御の実行時以外はモニタマイク40と50に邪魔されずに頭を動かすことができる。

【0057】また、図1、図3、図4のいずれの例も、スピーカ25と35を聴取者の耳の後方の両側に設置する場合、図6に示す如く、スタンド93の上端に固定したエンクロージャ94の中に、スピーカ25、35の音響放射口が耳の高さより下となるようにして上向きに設置したり、図7に示す如く、天井96に固着した吊り具97の下端に固定したエンクロージャ98の中に、スピーカ25、35の音響放射口が耳の高さより下となるようにして下向きに設置し、かつ、コーン紙の下にデフューザ99を設置して少なくとも水平面内で無指向性（好ましくは全方向で無指向性）となるようにしても良い。スピーカ25、35が聴取者の視野に入ると音像の定位する位置がスピーカ25、35の設置箇所に引きつけられてしまう。けれども、図6、図7の例によれば、耳のすぐそばにスピーカ25、35が有るにもかかわらず、その存在を意識させられることがなくなり、両耳に聞こえる音響だけで音像を定位できるため、所望の音場特性が得やすくなる。図6においてスピーカ25、35のコーン紙の上にデフューザ95を設置して少なくとも水平面内で無指向性となるようにしたり、図7においてスピーカ25、35のコーン紙の上にデフューザ99を設置して少なくとも水平面内で無指向性（好ましくは全方向で無指向性）となるようにすれば、スピーカ25、25の位置がより判りにくくなるため、スピーカ25、35の存在感を一層、薄くして所望の音場特性をより得やすくなる。

【0058】また、図1、図3の例において、オーディオソース機器10から出力されたオーディオ信号を用いて音場制御を行う代わりに、システムコントローラ80、80Aが内部で生成したM系列ノイズデータを用いて行い、音場制御の精度を改善するようようにしても良い。すなわち、オーディオソース機器10からオーディオ出力を開始させる前において、手元操作器81にて音場補正が指示されると、システムコントローラ80、80Aは適応制御部26、26Aを制御して適応フィルタ22の0次の係数を1、他の係数を0とさせ、適応フィルタ22の入力側に、システムコントローラ80、80Aの内部で生成したM系列ノイズデータを注入し（このとき、適応フィルタ22の0次の係数が1、他の係数が0なのでA点に注入したのと等価である）、スピーカ25からM系列ノイズ音を放射させる。そして、まず、A'点の応答出力から伝達関数C_{li}を解析し、フィルタ係数c_{li}、jを同定し（図3の場合は更にB'点の応答出力から伝達関数C_{lr}を解析し、フィルタ係数c_{lr}、jを同定し）、適応制御部26、26Aにセットする。次いで、M系列ノイズデータの注入は継続したまま（図3の場合は基準用加工手段60Aのスイッチ66をL側に切り換え）、適応制御部26、26Aを制御して前述と同様にLch側の適応フィルタ22の適応制御を行わせる（適応制御開始時、適応フィルタ22のフィルタ係数は

w_{li}(0)に設定する)。適応制御が完了したあと、適応フィルタ22のフィルタ係数は適応制御完了時のままとしておく。

【0059】次に、適応フィルタ22へのM系列ノイズデータの注入を停止し、適応制御部36、36Aを制御して適応フィルタ32の0次の係数を1、他の係数を0とさせ、適応フィルタ32の入力側に、システムコントローラ80、80Aの内部で生成したM系列ノイズデータを注入し（このとき、適応フィルタ22の0次の係数が1、他の係数が0なのでA点に注入したのと等価である）、スピーカ35からM系列ノイズ音を放射させる。そして、まず、B'点の応答出力から伝達関数C_{rr}を解析し、フィルタ係数c_{rr}、jを同定し（図3の場合は更にA'点の応答出力から伝達関数C_{ri}を解析し、フィルタ係数c_{ri}、jを同定し）、適応制御部36、36Aにセットする。次いで、M系列ノイズデータの注入は継続したまま（図3の場合は基準用加工手段70Aのスイッチ76をR側に切り換え）、適応制御部36、36Aを制御して前述と同様にRch側の適応フィルタ32の適応制御を行わせる（適応制御開始時、適応フィルタ32のフィルタ係数はw_{ri}(0)に設定する)。適応制御が完了したあと、適応フィルタ32のフィルタ係数は適応制御完了時のままとし、M系列ノイズデータの注入を停止する。このあと、オーディオソース機器10から所望のオーディオ信号を出力させれば、途中で音楽が途切れることなく所望の音場特性の下に聴取することができ

る。

【0060】また、図4の例においてもオーディオソース機器10から出力されたオーディオ信号を用いて音場制御を行う代わりに、システムコントローラ80Aが内部で生成したM系列ノイズデータを用いて行い、音場制御の精度を改善するようようにしても良い。すなわち、オーディオソース機器10からオーディオ出力を開始させる前において、手元操作器81にて音場補正が指示されると、システムコントローラ80Aは適応制御部26Aを制御して適応フィルタ22の0次の係数を1、他の係数を0とさせ、適応フィルタ22の入力側に、システムコントローラ80Aの内部で生成したM系列ノイズデータを注入し、スピーカ25からM系列ノイズ音を放射させる。そして、まず、A'点の応答出力から伝達関数C_{li}を解析し、フィルタ係数c_{li}、jを同定し、更にB'点の応答出力から伝達関数C_{lr}を解析し、フィルタ係数c_{lr}、jを同定して適応制御部26Aにセットする。また、適応制御部36Aを制御して適応フィルタ32の0次の係数を1、他の係数を0とさせ、適応フィルタ32の入力側に、システムコントローラ80Aの内部で生成した別の種類のM系列ノイズデータを注入し、スピーカ35からM系列ノイズ音を放射させる。そして、まず、B'点の応答出力から伝達関数C_{rr}を解析し、フィルタ係数c_{rr}、jを同定し、更にA'点の応答出力から

伝達関数 CRI を解析し、フィルタ係数 CRI, j を同定して適応制御部36Aにセットする。

【0061】次いで、2種類のM系列ノイズデータの注入は継続したまま、適応制御部26Aと36Aを制御して前述と同様にLch側の適応フィルタ22の適応制御とRch側の適応フィルタ32の適応制御を同時に行わせる（適応制御開始時、適応フィルタ22のフィルタ係数は $wLi(0)$ に設定し、適応フィルタ32のフィルタ係数は $wRi(0)$ に設定する）。適応制御が完了したあと、各適応フィルタ22、32のフィルタ係数は適応制御完了時のままとし、2種類のM系列ノイズデータの注入を停止する。このあと、オーディオソース機器10から所望のオーディオ信号を出力させれば、途中で音楽が途切れることなく所望の音場特性の下に聴取することができる。

【0062】また、図1～図4の例において、システムコントローラ80、80Aは手元操作器81で音場補正の指示操作がなされたとき、伝達関数 CLi 、 CLr 、 CRr 、 Cri の内、必要なものを同定し、適応制御部26、26A、36、36Aに適応制御を行わせるようにしたが、オーディオソース機器10をPLAY状態にしたり、電源オンするなどしてオーディオ信号の出力を開始させたときに、これに連動して、伝達関数 CLi 、 CLr 、 CRr 、 Cri の内、必要なものを同定し、適応制御部26、26A、36、36Aに適応制御適応制御を行わせるようにしても良い。

【0063】また、図3、図4の例において、適応制御部26Aと36Aは、減算器43と53の出力 $e1(n)$ と $e2(n)$ を高速で交互にスキャンして取り込むようにしても良い。また、図1、図3、図4の例において、基準用加工手段60、60A、60Bの構成は一例を示しただけのものであり、例えば、デジタルフィルタ62、64、72、74はFIR型デジタルフィルタの代わりにIIR型デジタルフィルタとしても良く、また、デジタルフィルタ62(72)で遅延器61(71)の遅延処理を合わせて行うようにしたり、デジタルフィルタ64(74)で遅延器63(73)の遅延処理と乗算器64(74)の乗算処理を合わせて行うように構成しても良い。また、図1～図4の例において、スピーカ25、35はフラットな周波数－レスポンス特性を有していても良い。

【0064】

【発明の効果】本発明の適応音場制御装置によれば、1または複数の音響再生手段で再生された音響を、聴取者の片方の耳近くに置かれた少なくとも1つのマイクまたは両方の耳の各々の近くに置かれた少なくとも2つのマイクで拾う。そして、各マイク毎に設けた基準用加工手段により入力信号を所望の伝達関数で加工した基準信号と、対応するマイク出力との差が小さくなるように、制御手段にて各音響再生手段に設けられた加工手段の伝達

関数を適応的に制御する。これにより、音響再生手段の電気－音響変換手段または音響再生空間が如何なる周波数－レスポンス特性を持つか、聴取者が如何なる頭部伝達特性を持つかによらず、聴取者所望の音場を正確に実現することができる。

【0065】また、前記制御手段は加工手段の伝達関数の適応制御を任意の所定時に一時的に行い、適応制御完了後、加工手段の伝達関数を固定する。そして、制御手段が適応制御を行う時のみ、可動支持手段が各マイクを聴取者の耳近くに位置させ、他の時間は聴取者の耳近くから離れた位置に退避させる。これにより、例えば車室内の如く聴取者の耳の位置が殆ど動かないような場合、音楽聴取開始前や音楽聴取途中の任意の所定時に、所望の音場特性を実現させるために適応制御する間以外は、マイクを聴取者の頭から離し障害物として邪魔にならないようにできる。

【0066】また、ヘッドホンに設けたヘッドホンスピーカにより電気－音響変換を行い、マイクはヘッドホンに固定されて外耳道の入口近くで音を拾う。これにより、ヘッドホン再生時でも、聴取者の耳介の伝達特性の個人差に関わらず、聴取者所望の音場を正確に実現することができる。

【0067】また、入力信号が複数チャンネル存在する場合、前記1または複数の音響再生手段は、入力信号のチャンネル毎に設け、前記基準用加工手段は、各チャンネルの入力信号を個別に所望の伝達関数で加工したのち加算して基準信号を得る。これにより、例えばステレオ音楽信号の如く、複数チャンネルを有する入力に対しても、各加工手段の伝達関数の適応制御を同時平行して行うことができ、聴取者所望の音場を迅速かつ正確に実現することができる。

【0068】また、前記基準用加工手段は、予め用意された複数種の所定の伝達関数の中から、聴取者が1つを所望の伝達関数として選択する。これにより、音楽のジャンル、音楽ソースの種類等に合わせて音場特性を種々に変更することができる。

【0069】また、前記電気－音響変換手段は、聴取者の耳の後方で耳の高さより下に、下向き又は上向きに設置する。これにより、音像の定位が不明瞭となり、電気－音響変換手段の存在を意識させないようにできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る適応音場制御装置のブロック図である。

【図2】第1実施例の変形例に係るヘッドホンの構成図である。

【図3】本発明の第2実施例に係る適応音場制御装置のブロック図である。

【図4】第2実施例の変形例に係る適応音場制御装置のブロック図である。

【図5】モニタマイクの設置方法の具体例を示す説明図

25

26

である。

【図6】スピーカの設置方法の具体例を示す説明図である。

【図7】スピーカの設置方法の他の具体例を示す説明図である。

【符号の説明】

10 オーディオソース機器

20、30 音響再生手段

22、32 適応フィルタ

25、35 スピーカ

26、26A、36、36A

40、50 モニタマイク

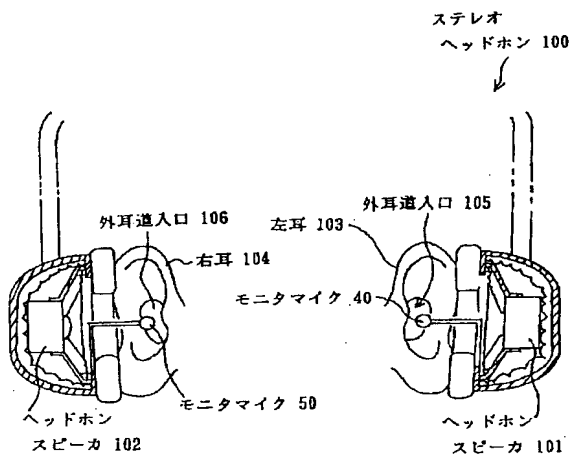
43、53 減算器

60、60A、60B、70、70A、70B 基準用加工手段

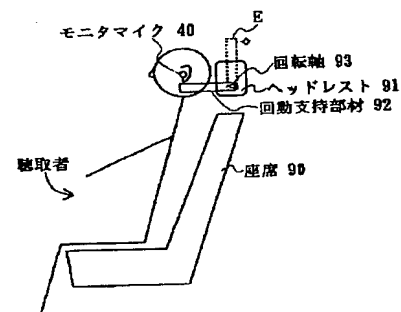
80、80A システムコントローラ

81 手元操作器81

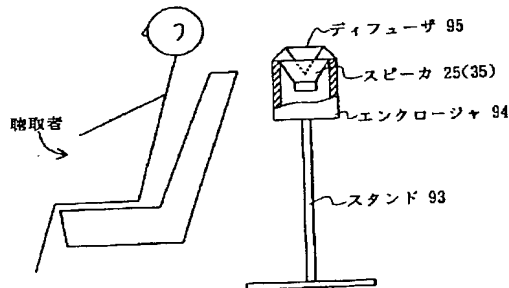
【図2】



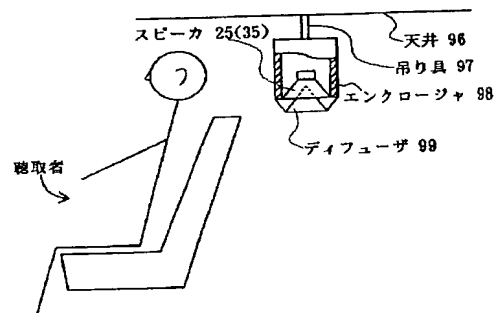
【図5】



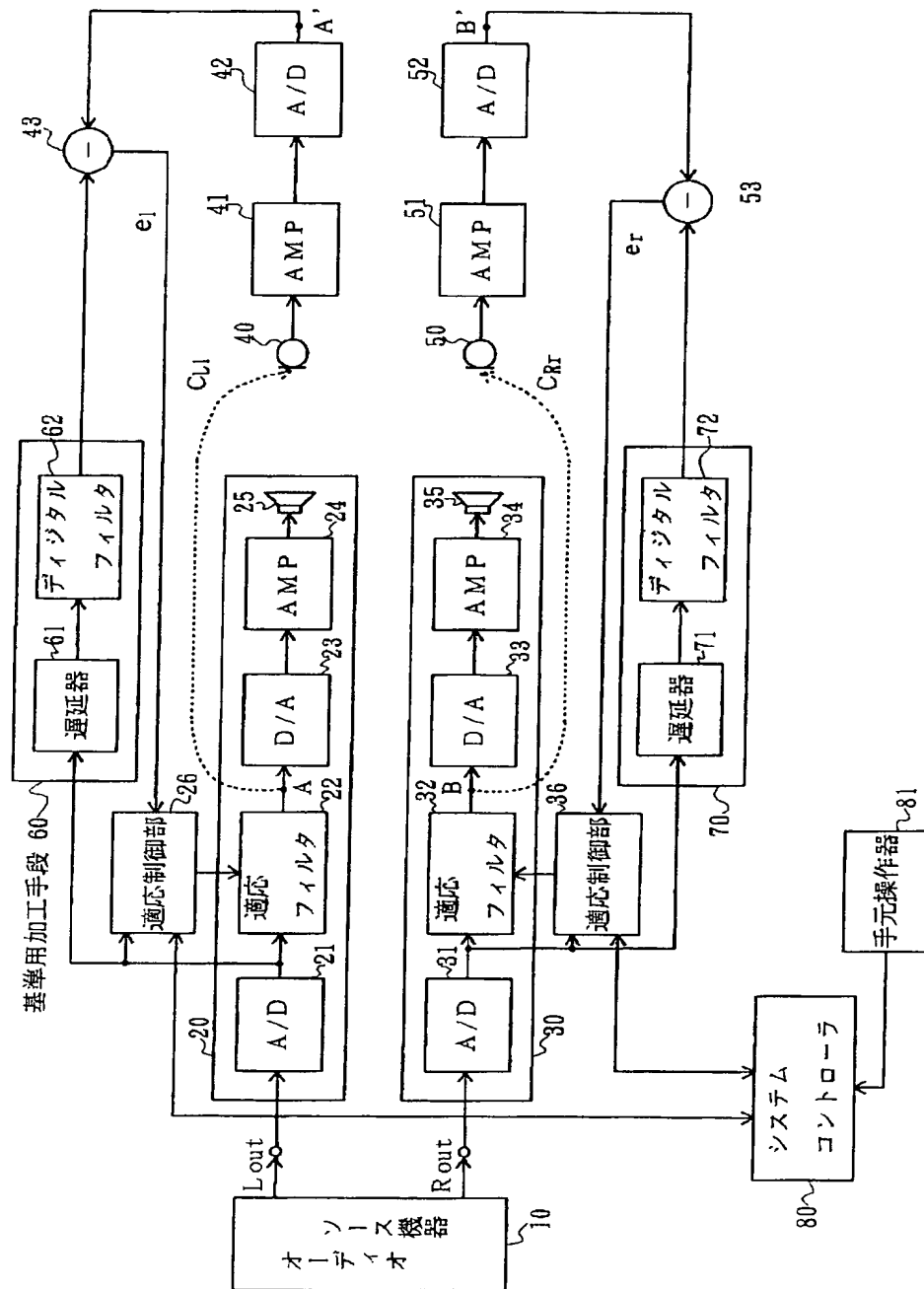
【図6】



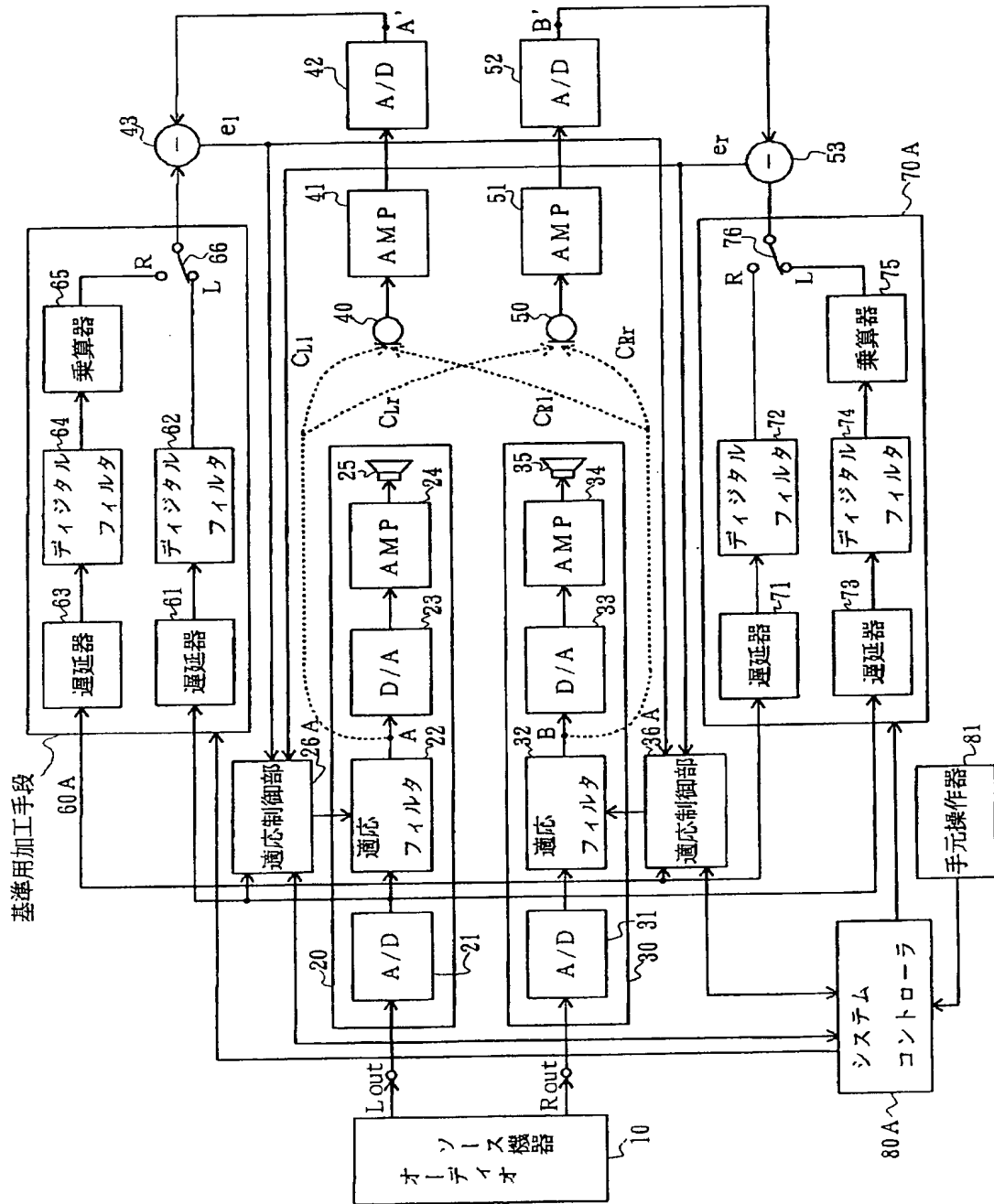
【図7】



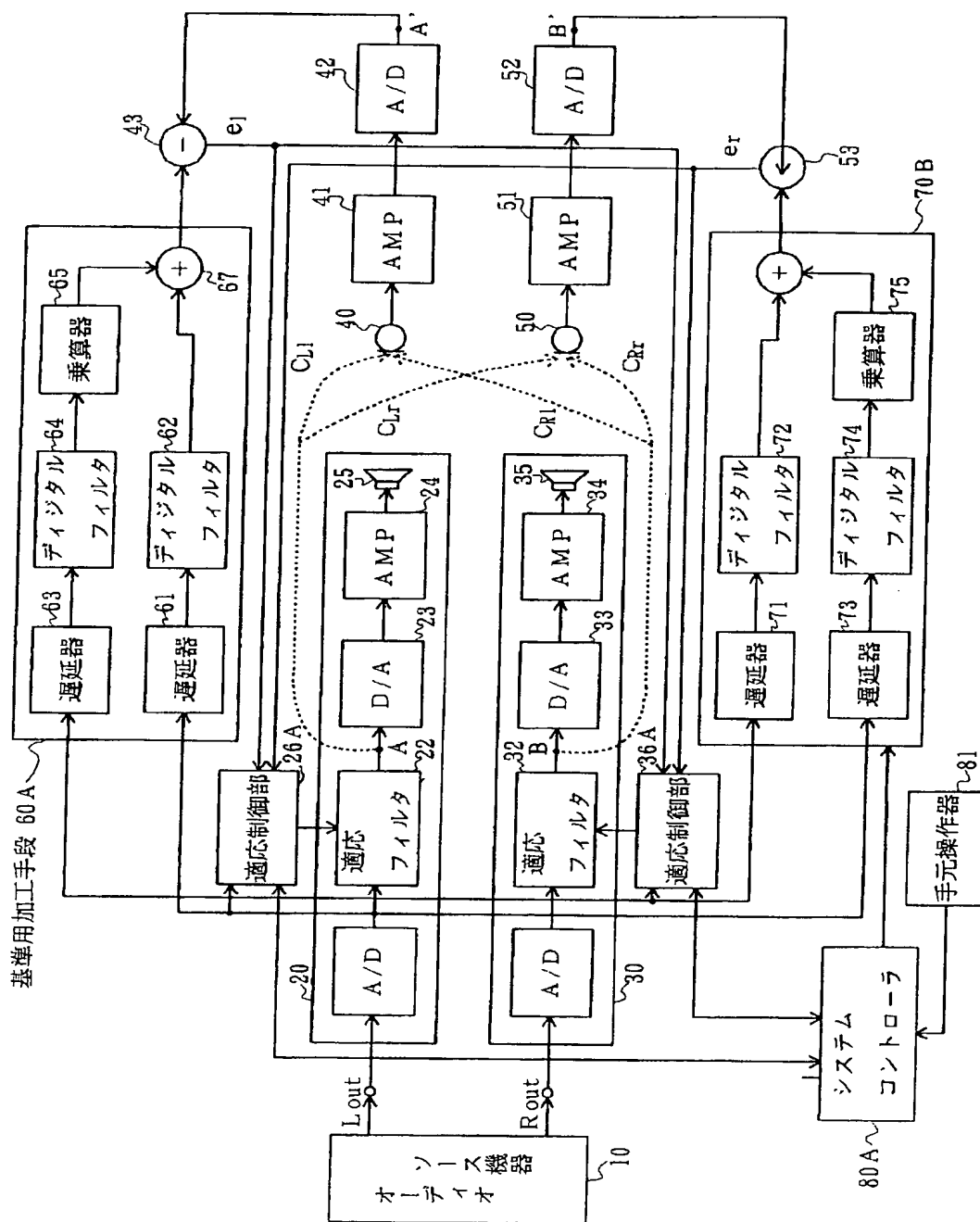
【図 1】



【図 3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H04R 5/033

H04S 1/00

識別記号

庁内整理番号

FI

H04S 1/00

G10K 15/00

技術表示箇所

K

B